学 校 代 码 10459

学号或申请号

密 级



博 士 学 位 论 文

集体行为

作 者 姓 名：

导 师 姓 名：

学 科 门 类： 工 科

专 业 名 称： 软件工程

培 养 院 系： 信息工程学院

完 成 时 间： 2017.03

A thesis submitted to

Zhengzhou University

for the degree of doctor

**Research on the Recognition and Simulation of**

**Collective Behavior**

Software Engineering

School of Information Engineering

Mar. 2017

**原创性声明**

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者： 日期： 年 月 日

**学位论文使用授权声明**

本人在导师指导下完成的论文及相关的职务作品，知识产权归属郑州大学。根据郑州大学有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留或向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权郑州大学可以将本学位论文的全部或部分编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或者其他复制手段保存论文和汇编本学位论文。本人离校后发表、使用学位论文或与该学位论文直接相关的学术论文或成果时，第一署名单位仍然为郑州大学。保密论文在解密后应遵守此规定。

学位论文作者 日期： 年 月 日

摘 要

集体行为是连续、有序的个体呈现出的宏观行为模式，广泛地存在于细菌菌落、动物群、人群、车流等各种群体系统中。

**关键字：** 集体行为，密度估计

Abstract

Collective behavior refers to macroscopic patterns consisted of continuous and ordered agents, which exists widely in diverse crowd systems, such as bacterial colony, animals group, human crowd and traffic flow.

**Keywords:** Collective Behavior, Density Estimation

目录

[摘 要 I](#_Toc477443116)

[Abstract III](#_Toc477443117)

[目录 VI](#_Toc477443118)

[图目录 X](#_Toc477443119)

[表目录 XIII](#_Toc477443120)

[第 1 章 绪论 1](#_Toc477443121)

[1.1 研究背景 1](#_Toc477443122)

[1.2 研究现状 2](#_Toc477443123)

[1.2.1 交叉学科中的集体行为研究 2](#_Toc477443124)

[1.2.2 集体行为识别 3](#_Toc477443125)

[1.2.3 集体行为仿真 5](#_Toc477443126)

[1.3 研究内容及意义 7](#_Toc477443127)

[1.4 论文章节安排 8](#_Toc477443128)

[第 2 章 基于一致性密度聚类的集体行为识别算法 10](#_Toc477443129)

[2.1 引言 10](#_Toc477443130)

[2.2 背景知识 12](#_Toc477443131)

[2.3 问题描述 13](#_Toc477443132)

[2.4 基于一致性密度聚类的集体行为识别方法 14](#_Toc477443133)

[2.4.1 一致性密度估计 14](#_Toc477443134)

[2.4.2 一致性密度聚类算法 16](#_Toc477443135)

[2.4.3 一致性合并算法 18](#_Toc477443136)

[2.4.4 算法时间复杂度分析 19](#_Toc477443137)

[2.5 实验结果 20](#_Toc477443138)

[2.6 实验对比及分析 21](#_Toc477443139)

[2.6.1 与密度峰值聚类算法的对比实验 21](#_Toc477443140)

[2.6.2 与其它集体行为识别方法的对比实验 23](#_Toc477443141)

[2.6.3 参数讨论 26](#_Toc477443142)

[2.7 本章小结 27](#_Toc477443143)

[第 3 章 基于动态核密度的复杂交互集体行为识别方法 28](#_Toc477443144)

[3.1 引言 28](#_Toc477443145)

[3.2 背景知识 30](#_Toc477443146)

[3.2.1 核密度估计 30](#_Toc477443147)

[3.2.2 并查集 31](#_Toc477443148)

[3.3 基于动态核密度的复杂交互集体行为识别方法 32](#_Toc477443149)

[3.3.1 动态核密度估计 32](#_Toc477443150)

[3.3.2 动态核密度峰值聚类算法 34](#_Toc477443151)

[3.3.3 基于分层并查集的一致性合并算法 36](#_Toc477443152)

[3.3.4 算法时间复杂度分析 38](#_Toc477443153)

[3.4 实验结果及分析 39](#_Toc477443154)

[3.4.1 视频监控中的集体行为识别 39](#_Toc477443155)

[3.4.2 微生物集体行为识别 43](#_Toc477443156)

[3.4.3 仿射运动分割 45](#_Toc477443157)

[3.5 本章小结 46](#_Toc477443158)

[第 4 章 基于一致性协方差的集体行为识别方法 47](#_Toc477443159)

[4.1 引言 47](#_Toc477443160)

[4.2 背景知识 49](#_Toc477443161)

[4.2.1 协方差矩阵 49](#_Toc477443162)

[4.2.2 黎曼流形 49](#_Toc477443163)

[4.3 基于一致性协方差的集体行为描述子 50](#_Toc477443164)

[4.3.1 一致性协方差描述子 50](#_Toc477443165)

[4.3.2 相似度计算 52](#_Toc477443166)

[4.4 基于空间加权的密度峰值聚类算法 52](#_Toc477443167)

[4.4.1 密度估计 52](#_Toc477443168)

[4.4.2 一致性近邻 54](#_Toc477443169)

[4.4.3 聚类指派 54](#_Toc477443170)

[4.5 实验结果 56](#_Toc477443171)

[4.6 实验对比及分析 57](#_Toc477443172)

[4.7 本章小结 59](#_Toc477443173)

[第 5 章 基于情绪传播模型的动态人群路径规划 60](#_Toc477443174)

[5.1 引言 60](#_Toc477443175)

[5.2 背景知识 63](#_Toc477443176)

[5.3 问题描述 64](#_Toc477443177)

[5.4 情绪传播模型 64](#_Toc477443178)

[5.4.1 基于人格特征模型的情绪偏好 65](#_Toc477443179)

[5.4.2 基于集体行为子群组的情绪传播算法 67](#_Toc477443180)

[5.5 人群动态路径规划 72](#_Toc477443181)

[5.5.1 环境初始化 72](#_Toc477443182)

[5.5.2 情绪偏好与路径选择的映射 73](#_Toc477443183)

[5.6 实验结果 74](#_Toc477443184)

[5.7 实验对比及分析 77](#_Toc477443185)

[5.7.1 情绪偏好的初始化 77](#_Toc477443186)

[5.7.2 不同情绪状态下路径选择行为的对比 78](#_Toc477443187)

[5.7.3 与不同局部碰撞避免方法的兼容性实验 79](#_Toc477443188)

[5.7.4 与其它人群路径规划方法的对比实验 81](#_Toc477443189)

[5.8 本章小结 82](#_Toc477443190)

[第 6 章 总结和展望 84](#_Toc477443191)

[6.1 工作总结 84](#_Toc477443192)

[6.2 下一步工作 85](#_Toc477443193)

[参考文献 86](#_Toc477443194)

[个人简历、在学期间学术成果 93](#_Toc477443195)

图目录

[图 1.1 自然界中的集体行为。 1](#_Toc477348727)

[图 1.2 不同跟踪算法提取的跟踪点。 3](#_Toc477348728)

[图 1.3 几种典型的局部碰撞避免方法。 5](#_Toc477348729)

[图 1.4 不同人群路径规划方法的示意图。 6](#_Toc477348730)

[图 2.1 自然界中的集体行为：人群，车流，微生物群。 10](#_Toc477348731)

[图 2.2 集体行为中的局部行为模式和全局行为模式。 11](#_Toc477348732)

[图 2.3 算法中两个重要变量的示意图。 12](#_Toc477348733)

[图 2.4 密度峰值聚类算法的聚类结果。 13](#_Toc477348734)

[图 2.5 一致性密度聚类算法的示意图。 17](#_Toc477348735)

[图 2.6 一致性合并策略示意图。 18](#_Toc477348736)

[图 2.7 视频监控集体行为数据集上识别结果。 20](#_Toc477348737)

[图 2.8 两组特殊场景的展示效果。 21](#_Toc477348738)

[图 2.9 细菌行为数据集上的识别结果。 22](#_Toc477348739)

[图 2.10 与密度峰值聚类算法的对比实验。 22](#_Toc477348740)

[图 2.11 与当前较优的集体行为识别算法的对比实验。 23](#_Toc477348741)

[图 2.12 识别方法的集体行为簇个数与标准结果的差异统计图。 24](#_Toc477348742)

[图 2.13 与一致性过滤方法、一致性度量方法的效率对比。 25](#_Toc477348743)

[图 2.14 不同参数配置下的识别结果。 26](#_Toc477348744)

[图 3.1 集体行为中呈现出的复杂交互关系。 28](#_Toc477348745)

[图 3.2 集体行为的局部行为与全局行为。 29](#_Toc477348746)

[图 3.3 不同核函数的曲线图。 30](#_Toc477348747)

[图 3.4 并查集的三种基本操作以及两种优化策略。 32](#_Toc477348748)

[图 3.5 集体行为中密度估计的对比图。 34](#_Toc477348749)

[图 3.6 集体行为中的噪声点。 35](#_Toc477348750)

[图 3.7 子群组间复杂交互关系的示意图。 36](#_Toc477348751)

[图 3.8 基于分层并查集的一致性合并算法示意图。 37](#_Toc477348752)

[图 3.9 视频监控集体行为数据集的识别结果。 39](#_Toc477348753)

[图 3.10 两个特殊视频场景的识别结果。 40](#_Toc477348754)

[图 3.11 与基于密度的聚类算法间的对比实验。 40](#_Toc477348755)

[图 3.12 提出方法与其它集体行为识别方法间的对比实验。 41](#_Toc477348756)

[图 3.13 与一致性密度聚类方法的对比实验。 42](#_Toc477348757)

[图 3.14 与基于热扩散的聚类方法间的对比实验。 42](#_Toc477348758)

[图 3.15 与其它集体行为识别方法的量化对比结果。 43](#_Toc477348759)

[图 3.16 在细菌行为数据集上的实验结果。 44](#_Toc477348760)

[图 3.17 与其它集体行为识别方法在细菌数据集上的识别结果对比。 44](#_Toc477348761)

[图 3.18 细胞运动过程中从无序到有序的状态转换。 44](#_Toc477348762)

[图 3.19 在Hopkins 155 Dataset上的实验结果。 45](#_Toc477348763)

[图 4.1 集体行为识别的难点问题。 47](#_Toc477348764)

[图 4.2 提出的一致性协方差描述子示意图。 50](#_Toc477348765)

[图 4.3 基于空间加权的密度峰值聚类算法。 53](#_Toc477348766)

[图 4.4 在视频监控集体行为数据集上的实验结果。 55](#_Toc477348767)

[图 4.5 同一视频片段的开始、中间以及结束帧的识别效果展示。 56](#_Toc477348768)

[图 4.6 在细菌行为数据集上的实验结果。 56](#_Toc477348769)

[图 4.7 与基于密度的集体行为识别方法的对比。 57](#_Toc477348770)

[图 4.8 与其它集体行为识别方法的实验对比。 58](#_Toc477348771)

[图 5.1 人群仿真的应用领域。 60](#_Toc477348772)

[图 5.2 基于情绪传播模型的人群路径规划方法的流程图。 62](#_Toc477348773)

[图 5.3 不同情绪偏好的可视化效果。 66](#_Toc477348774)

[图 5.4 室内人群疏散过程不同阶段的集体行为子群组识别结果。 69](#_Toc477348775)

[图 5.5 情绪传播算法中涉及的各种要素。 70](#_Toc477348776)

[图 5.6 选择性感知因子的函数曲线。 70](#_Toc477348777)

[图 5.7 有向导航图的构建过程。 72](#_Toc477348778)

[图 5.8 在室内场景下的人群路径规划展示。 74](#_Toc477348779)

[图 5.9 具有4个出口的室内场景的仿真实验。 75](#_Toc477348780)

[图 5.10 地铁站乘车的仿真场景。 75](#_Toc477348781)

[图 5.11 火车站广场外的人群疏散仿真。 76](#_Toc477348782)

[图 5.12 火灾发生时的大规模人群疏散。 76](#_Toc477348783)

[图 5.13 真实视频驱动的仿真实验。 77](#_Toc477348784)

[图 5.14 不同人格特征分布下得到不同情绪偏好的初始值。 78](#_Toc477348785)

[图 5.15 不同情绪偏好分布下的人群路径规划仿真对比。 79](#_Toc477348786)

[图 5.16 结合不同局部碰撞避免方法的仿真效果。 80](#_Toc477348787)

[图 5.17 结合不同局部碰撞避免方法时，提出方法的仿真性能。 81](#_Toc477348788)

[图 5.18 与其它人群路径规划方法的对比实验。 81](#_Toc477348789)

表目录

[表 1.1具有代表性的集体行为识别方法的总结 5](#_Toc477349321)

[表 2.1一致性密度聚类算法 17](#_Toc477349322)

[表 2.2一致性合并算法 19](#_Toc477349323)

[表 2.3与密度峰值聚类算法的量化对比结果 23](#_Toc477349324)

[表 2.4与其它集体行为识别方法的量化对比结果 25](#_Toc477349325)

[表 2.5与拉格朗日和轨迹线方法的效率对比 26](#_Toc477349326)

[表 3.1动态核密度聚类算法 36](#_Toc477349327)

[表 3.2基于分层并查集的一致性合并算法 38](#_Toc477349328)

[表 3.3与其它集体行为识别方法的量化对比结果 43](#_Toc477349329)

[表 3.4与仿射运动分割方法的量化对比结果 45](#_Toc477349330)

[表 4.1基于空间加权的密度峰值聚类算法 55](#_Toc477349331)

[表 4.2与其它集体行为识别算法的量化对比结果 58](#_Toc477349332)

[表 5.1人格特征模型中不同要素对应的形容词描述 63](#_Toc477349333)

[表 5.2不同人格特征要素的形容词描述与路径选择行为间的关联性 66](#_Toc477349334)

[表 5.3集体行为子群组识别算法 69](#_Toc477349335)

[表 5.4情绪传播算法 72](#_Toc477349336)

[表 5.5与其它方法的量化对比实验 82](#_Toc477349337)

# 绪论

* 1. 研究背景

集体行为作为自然界中最普遍的现象之一，广泛地存在于各种群体系统中。图1.1展示了典型的集体行为场景，包括细菌菌落、动物群、人群、车流等。



图 1.1 自然界中的集体行为。图中场景依次是细菌菌落、蚂蚁群、鱼群、鸟群、斑马群、人群、车流。

* 1. 研究现状
     1. 交叉学科中的集体行为研究

集体行为显著地存在于各种群体系统中，吸引了来自不同科研领域研究者的广泛关注。已有研究在集体行为的产生机理、演化过程、运动建模等方面都取得了阶段性成果[[26-29](#_ENREF_26)]。

* 1. 研究内容及意义
  2. 论文章节安排

# 基于

* 1. 引言

集体行为是最普遍的自然现象之一，

。

* 1. 背景知识

提出的

* 1. 本章小结

# 识别方法

* 1. 引言

已有的集体行为识别方法中

* 1. 本章小结

集体行为中同时蕴含着局部和全局行为模式。

# 总结和展望

* 1. 工作总结
  2. 下一步工作

参考文献

[1] D. Helbing, P. Molnár. Social force model for pedestrian dynamics[J]. Physical Review E, 1995, 51(5), 4282.

[2] T. Vicsek, A. Czirók, E. Ben-Jacob, I. I. Cohen, O. Shochet. Novel type of phase transition in a system of self-driven particles[J]. Physical Review Letters, 2006, 75(6), 1226.

个人简历、在学期间学术成果

（一）个人简历

（二）在学期间学术成果

（三）参与工作